

НИЦ строительство

научно-исследовательский центр







ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева

НИИОСП им. Н.М. Герсеванова



ОТДЕЛ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОКРИОЛОГИИ



О Научно-исследовательском центре «Строительство»

АО «Научно-исследовательский центр «Строительство» - научно-технический лидер строительного комплекса России. На протяжении уже 89 лет основной задачей Центра является обеспечение эффективности, надежности и безопасности строительных работ и всего строительного комплекса страны в целом. Коллектив Центра сегодня - это порядка 1000 сотрудников, из которых 32 доктора технических наук и 149 кандидатов технических наук. НИЦ «Строительство» имеет 22 собственные научные школы.

Проводя комплексные работы по фундаментальным, поисковым и прикладным научным исследованиям, опытно-конструкторским разработкам в строительной отрасли, совершенствуя нормативную базу, НИЦ «Строительство» по праву занимает лидирующую позицию в области строительных наук и архитектуры, успешно реализует государственные программы и важнейшие общенациональные проекты. Миссия АО «НИЦ «Строительство»: Лидировать в изобретении, развитии и внедрении инновационных строительных материалов и технологий для обеспечения безопасности и комфорта среды жизнедеятельности людей.

Институты НИЦ «Строительство» не раз подтверждали свой высокий профессиональный статус, компетентность и активность в решении сложнейших задач отрасли. В их числе проблемы комплексного развития городов, территорий и объектов, разработка новых эффективных материалов и конструкций, освоение подземного пространства, создание и совершенствование нормативно-технической базы, диагностика, мониторинг и оценка фактического состояния зданий, сооружений и их конструкций.

В составе Научно-исследовательского центра успешно работают 57 узкоспециализированных отраслевых лабораторий, объединенных в 3 крупнейших широко известных в России и за рубежом научно-исследовательских института: Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона имени А.А. Гвоздева (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева), Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений имени Н.М. Герсеванова (НИИОСП им. Н.М. Герсеванова). Кроме того, в состав АО «НИЦ «Строительство» входят Сертификационный центр, Отдел комплексного специального проектирования (ОСКП), Отдел инженерной геокриологии (ОИГ).



Отдел инженерной геокриологии (ОИГ)

Главным направлением деятельности ОИГ является проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений, термостабилизации грунтов основания, инженерной защиты и геотехнического мониторинга зданий и сооружений, расположенных в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов.

Данный вид проектирования решает сложные инженерно-технические задачи, связанные с разработкой и проектированием: мероприятиями инженерной подготовки территории строительства; мероприятиями инженерной защиты объектов от опасных инженерно- геологических процессов; мероприятиями геотехнического мониторинга; мероприятиями искусственного упрочнения грунтов оснований, включая методы термостабилизации грунтов и другие способы, устройство фундаментов, ростверков, перекрытий и др. конструкций до отметки 0,000, подпорных стенок, ограждения котлованов, противофильтрационных завес.

Возведение зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах имеет свои объективные сложности, для преодоления которых применяется, в том числе, термостабилизация грунтов оснований, противопучинистые мероприятия и пр. Одним из противопучинистых мероприятий является применение свай с противопучинной оболочкой.

Применение сваи с противопучинной оболочкой

Возведение зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах имеет свои объективные сложности.

Мерзлотно-грунтовые условия в криолитозоне (распространение многолетнемерзлых грунтов) во многих случаях являются неблагоприятными для обеспечения требуемой несущей способности оснований (например, при наличии на площадке предполагаемого строительства высокотемпературных, пластичномерзлых, засоленных грунтов, грунтов с высоким содержанием органических примесей, островной и не сливающейся мерзлоты с включениями прослоев и линз льдов, пучинистых грунтов). Для таких условий должно быть предусмотрено принятие мер, обеспечивающих их достаточную несущую способность.

При проектировании оснований, сложенных пучинистыми грунтами, следует учитывать возможность повышения влажности грунта за счет

подъема уровня подземных вод, инфильтрации подземных вод и экранирования поверхности.

Справочно:

Характеристиками пучинистых грунтов являются:

- абсолютная деформация морозного пучения h_f, представляющая подъем ненагруженной поверхности промерзающего грунта;
- относительная деформация (интенсивность) морозного пучения ε_{fh} - отношение h_f к толщине промерзающего слоя d_f,
- давление морозного пучения p_{fh}, действующее нормально к подошве фундамента;
- удельное значение t_{fh}, - касательной силы морозного пучения, действующей вдоль боковой поверхности фундамента.

По степени пучинистости грунты подразделяют на пять групп (ГОСТ 25100-2011).

Разновидность грунтов	Степень пучинистости , %
Непучинистый	$\varepsilon_{fh} < 1,0$
Слабопучинистый	$1,0 \le \varepsilon_{fh} \le 3,5$
Среднепучинистый	$3,5 < \varepsilon_{fh} \le 7,0$
Сильнопучинистый	$7,0 < \varepsilon_{fh} \le 10,0$
Чрезмерно пучинистый	$\varepsilon_{fh} > 10,0$
* Применяют также для класса мерзлых грунтов.	

Характеристики грунтов представлены в таблице 1

Таблица 1

Разновидность грунтов	Относительная деформация пучения ε_{fh}, д. е.	Характеристика грунтов
Непучинистый	<0,01	Глинистые при $I_L \le 0$ Пески гравелистые, крупные и средней крупности, пески мелкие и пылеватые при $S_r \le 0,6$, а также пески мелкие и пылеватые, содержащие менее 15 % по массе частиц мельче 0,05 мм (независимо от значения S_r) Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 %
Слабопучинистый	0,01- 0,035	Глинистые при $0 < I_L \le 0,25$ Пески пылеватые и мелкие при $0,6 < S_r \le 0,8$

Разновидность грунтов	Относительная деформация пучения ε_{fh}, д. е.	Характеристика грунтов
		Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком мелким и пылеватым) от 10 до 30 % по массе
Среднепучинистый	0,035- 0,07	Глинистые при 0,25 < $I_L \leq 0{,}50$ Пески пылеватые и мелкие при 0,80 < $S_r \leq 0{,}95$ Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе
Сильнопучинистый и чрезмерно пучинистый	> 0,07	Глинистые при I_L > 0,50. Пески пылеватые и мелкие при S_r > 0,95

1ц- показатель текучести, д.е.;
S_r - коэффициент водонасыщения, д.е.

Противопучинные (противопучинистые) мероприятия для свайных фундаментов

Под *морозным пучением* понимается внутриобъемное деформирование промерзающих влажных грунтов, приводящее к увеличению их объема вследствие замерзания в них воды и образования ледяных включений в виде прослоек, линз и т.п. При последующем оттаивании в этих грунтах протекает обратный процесс, сопровождающийся их осадкой, разуплотнением и снижением несущей способности. Морозное пучение выражается, как правило, в неравномерном поднятии слоя промерзающего фунта, причем напряжения, возникающие в грунте при пучении, оказывают существенное воздействие и на фундаменты и на наземные конструкции зданий.

При проектировании оснований и фундаментов на пучинистых грунтах необходимо предусматривать мероприятия, направленные на уменьшение деформаций зданий и сооружений, снижение сил морозного пучения, а также на приспособление зданий и сооружений к неравномерным деформациям оснований.

Фундаменты зданий и сооружений, расположенных в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов, как правило, проектируются свайными.

При использовании грунтов в мерзлом состоянии во время строительства и последующей эксплуатации объектов, в качестве ***мероприятий*** по уменьшению действий сил морозного пучения

рассматриваются:

- применение заглубленных фундаментов, увеличение сопротивления действию выдергивающей нагрузке, в том числе касательным силам морозного пучения, путем увеличения длины сваи;
- создание опережающего (с поверхности) бокового (вертикального) промерзания слоя сезонного оттаивания с помощью установки вертикальных термостабилизаторов;
- обеспечение необходимой несущей способности грунтов оснований методами термостабилизации (вентилируемые подполья, применение термостабилизаторов и т.д.);
- уменьшение глубины сезонного промерзания-оттаивания грунтов основания с помощью теплозащитных экранов (ТЗЭ) из эффективных современных теплоизоляционных материалов (например, экструдированного полистирола);
- применение мероприятий, уменьшающих действие сил морозного пучения применение свай с противопучинистыми покрытиями).

При проектировании и расчете оснований опор эстакад, мачт, факелов и других отдельно стоящих сооружений необходимо учитывать следующие факторы, увеличивающие глубины сезонного оттаивания - промерзания вокруг металлических свай:

- нагрев открытых частей металлических свай солнечной радиацией;
- теплопередачу по материалу сваи;
- нарушение мохо-торфяного и почвенно-растительного слоя во время строительства;
- увеличение толщины снежного покрова после возведения свайного фундамента под влиянием заносов;
- продолжительность эксплуатации сооружения.

Устойчивость фундаментов на действие сил морозного пучения должна обеспечиваться как для построенного сооружения при полной нагрузке на фундаменты, так и для незавершенного строительства, если предполагается, что фундаменты не будут полностью нагружены к моменту начала промерзания грунта (СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88).

Обеспечение устойчивости фундаментов действию силам морозного пучения осуществляется специалистами ОИГ, имеющим многолетний опыт в данной области, по специальным программам, в том числе прогнозным теплотехническим расчетам грунтового основания и взаимодействия его с фундаментами, прочностным расчетам, деформационным расчетам и проч.

Наиболее эффективными противопучинными мероприятиями являются:

- обеспечение увеличения смерзания по боковой поверхности сваи ниже слоя сезонного промерзания-оттаивания с помощью термостабилизаторов, работа которых увеличивает силы, препятствующие действию сил морозного пучения,
- использование свай с противопучинной оболочкой “Reline”,
- использование теплозащитных экранов и термостабилизаторов.

В качестве мероприятий, уменьшающих действие сил морозного пучения благодаря уменьшению сил смерзания поверхности сваи с грунтами слоя сезонного промерзания, следует рассматривать сваи с протвопучинистым полимерным покрытием, покрытие поверхности сваи в пределах слоя сезонного промерзания различными противопучинистыми смазками, синтетическими и тефлоновыми покрытиями, пленками, пенополистирольными скорлупами, или ее защиту целлюлозными, пластиковыми обоймами и оболочками.

Выбор противопучинных мероприятий для обеспечения устойчивости и надежности оснований и фундаментов зданий и сооружений осуществляется на основании сравнительных технико-экономических расчетов.

1. Термостабилизация грунтов с испльзованием термостабилизаторов

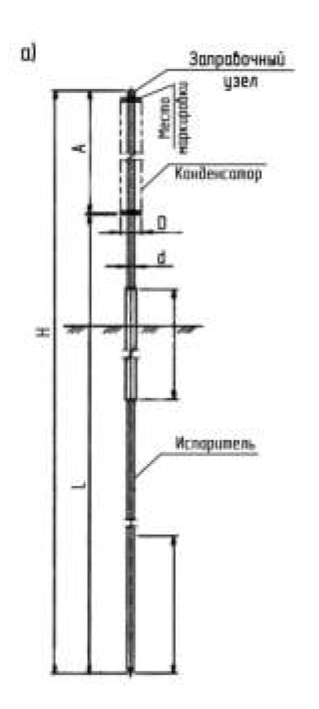
Целями температурной стабилизации являются:

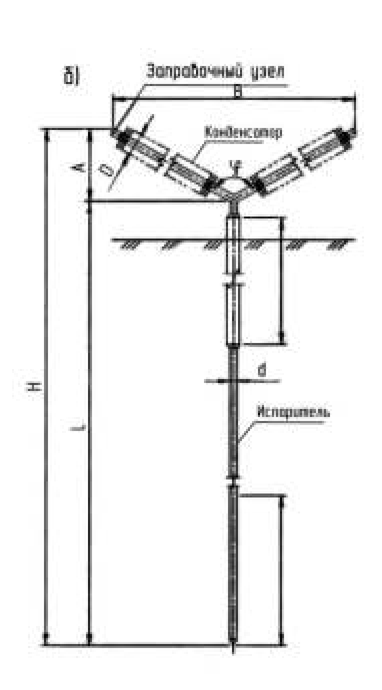
- уменьшение теплового воздействия сооружений на вечномерзлые грунты и стабилизацию природного температурного режима (с помощью работы вентилируемых подполий и теплозащитных экранов).
- искусственное замораживание или дополнительное понижение температур грунтов (с помощью установки сезонно-охлаждающих устройств - термостабилизаторов).

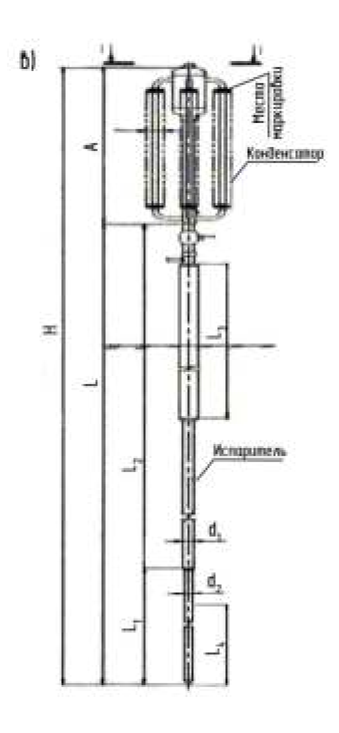
Термостабилизаторы представляют собой тепловые трубы, обеспечивающие под действием температурного градиента циркуляцию хладагента внутри трубы, что позволяет в холодное время года понизить температуры грунтов основания, обеспечив тем самым несущую способность фундаментов. По продолжительности действия термостабилизаторы бывают сезоннодействующие (не требующие энергетических затрат) и круглогодичного действия (с помощью электроэнергии).

При проектировании, по результатам прогнозных теплотехнических и прочностных расчетов грунтов оснований и несущей способности фундаментов осуществляется выбор типа и параметров термостабилизаторов.

В настоящее время используются следующие конструкции: вертикальные, пологонаклонные, горизонтальные термостабилизаторы.



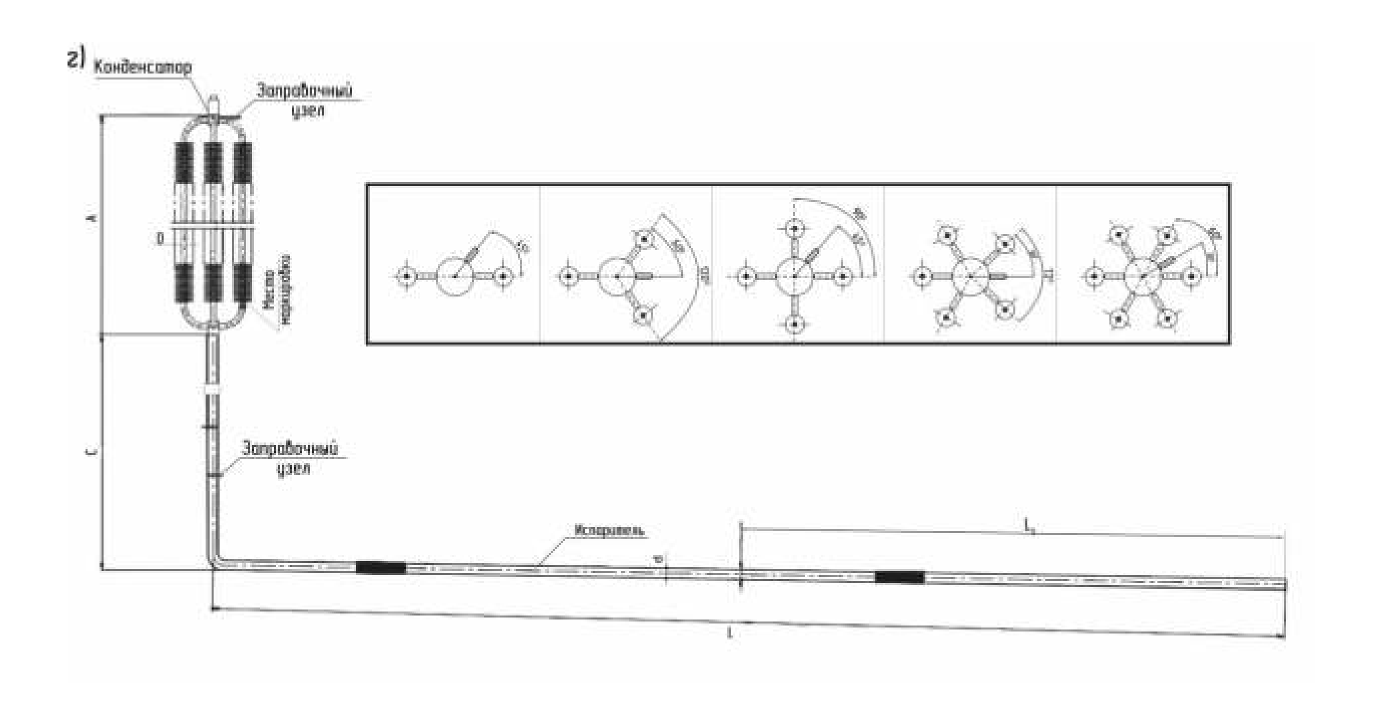


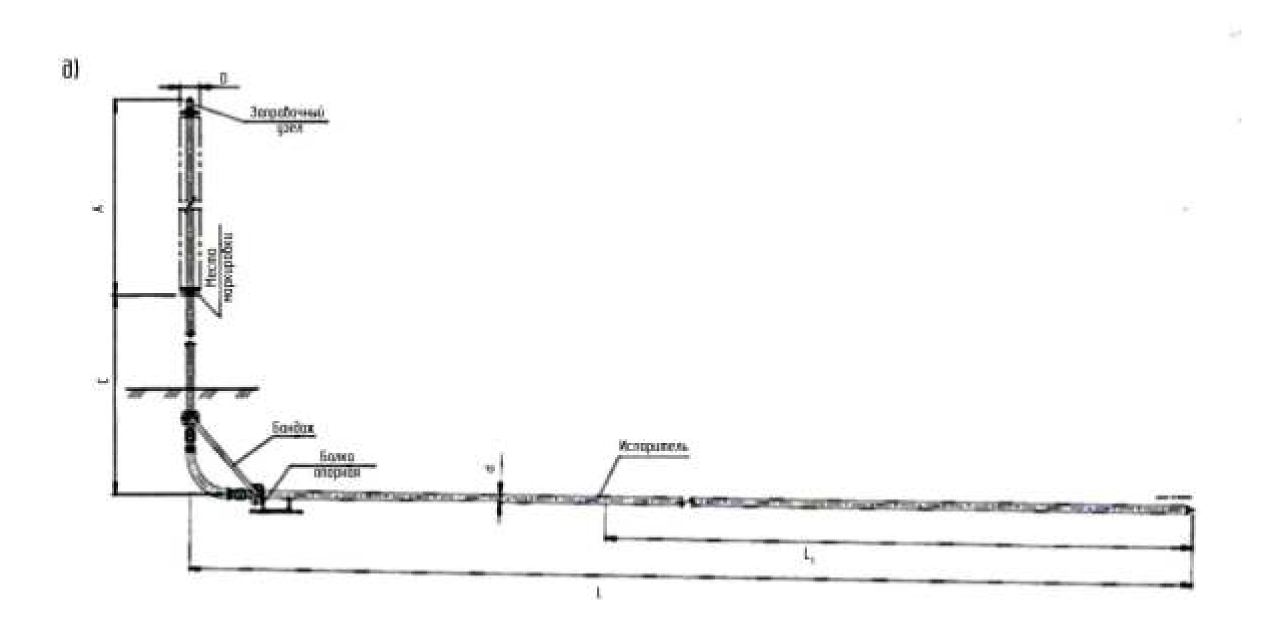


а) вертикальный термостабилизатор;

б) вертикальный малогабаритный термостабилизатор;

в) вертикальный термостабилизатор





г, д) горизонтальный и пологонаклонный термостабилизаторы

е)



е) вертикальный термостабилизатор круглогодичного действия (с принудительным охлаждением конденсатора).

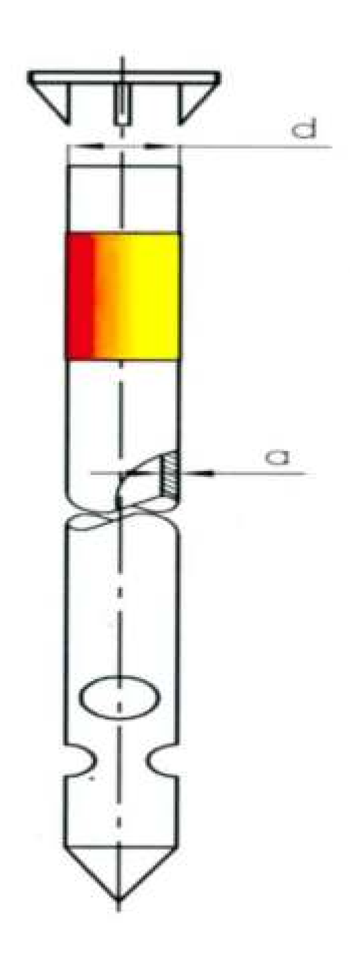
Необходимость применения, схема расстановки и параметры термостабилизаторов в зависимости от конкретных инженерно-геокриологических условий, конструктивных решений фундаментов и расчетных нагрузок определяется по результатам прогнозных теплотехнических расчетов оснований мерзлых грунтов по специальным программам математического моделирования (программный комплекс РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами»).

2. **Применение противопучинной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline»**

В качестве противопучинных мероприятий без затрат на электроэнергию для свайных фундаментов применяются противопучинные оболочки ОСПТ Reline».



Оболочка предназначена для снижения касательных сил морозного пучения на боковую поверхность сваи, тем самым обеспечивая противопучинные мероприятия. Оболочка «Reline» используется для свай металлических серии СМОТ и железобетонных.



Свая с противопучинной оболочкой



Оболочка ОСПТ «Reline» наиболее эффективна для опор надземных трубопроводов и малонагруженных сооружений в районах распространения вечной мерзлоты, а также в любых районах распространения сильнопучинистых грунтов.

Сваи с противопучинным термоусаживаемым полимерным покрытием ОСПТ «Reline» прошли натурные полевые испытания, результатом которых стало подтверждение уникальных качественных характеристик материала; снижение касательных сил морозного пучения было подтверждено в пределах 50-60%. Натурные испытания свай проводились на месторождении Медвежье (ООО «Газпром добыча Надым», ЯНАО). По результатам проведенных испытаний и, учитывая сроки эксплуатации объектов (не менее 30 лет), получено Заключение о применении при расчетах свай, покрытых оболочками противопучинными ОСПТ «Reline» на устойчивость и прочность от воздействия сил морозного пучения коэффициента 0,42 к значениям ifh по СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах (Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88).

Оболочка ОСПТ «Reline» прошла аттестацию в ПАО «Газпром» и разрешена для применения при строительстве объектов различного назначения. На основании аттестации данные материалы включены в Реестр «Газпром Стройтек Салават».

Оболочка ОСПТ «Reline» представляет собой двухслойную втулку с проектной длиной деятельного слоя пучинистого грунта, состоящую из термосветостабилизированной, модифицированной и ориентированной в продольном направлении полиолефиновой композиции и адгезионного подслоя на основе термоплавких адгезионных композиций.

Оболочка ОСПТ «Reline» монтируется на сваю в зоне сезонного промерзания или оттаивания с целью снижения касательных сил морозного пучения на боковую поверхность сваи, она сохраняет свою пластичность при температуре до минус 63 градусов, при этом уникальные свойства материала не дают произойти смерзанию ее с грунтом. Грунт не может «захватить» сваю и при его подъеме свая остается в исходном положении. Тем самым обеспечиваются противопучинные мероприятия.

Покрытие наносится на сваю на слой адгезива, обеспечивающего силу касательного сцепления, препятствующее сдвигу оболочки по свае не ниже 30 кг на 1 кв. см., что в десятки раз выше касательных сил морозного пучения.

Противопучинная оболочка ОСПТ «Reline» перекрывает зону сезонного деятельного слоя грунта по 200 мм с каждой стороны, чтобы компенсировать неточность установки сваи в грунт и колебания глубин промерзания или оттаивания по ландшафту.



Усадка ОСПТ, обеспечивающая полное обжатие изолируемого изделия, происходит в результате ее нагрева до температуры не менее 120°С специальным оборудованием.

3. Применение железобетонных свай с противопучинной оболочкой ОСПТ «Reline»

Железобетонная свая с оболочкой ОСПТ «Reline» сертифицирована по системам ГазпромСерт и ГОСТ Р, имеет Свидетельство соответствия Федеральным нормам промышленной безопасности и условиям эксплуатации на объектах ПАО «Газпром».

Противопучинные (противопучинистые) мероприятия для сваи обеспечиваются применением противопучинной оболочки серии ОСПТ «Reline» по ТУ 2247-004-75457705-2014.

Назначение оболочки «Reline» — снижение касательных сил морозного пучения на боковую поверхность сваи в пределах 50-60%.



Оболочка ОСПТ «Reline» в 2014г. прошла аттестацию в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в соответствии с требованиями СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-046-2006 и включена в Реестр Технических условий соответствующих требованиям ПАО «Газпром».

Данное покрытие дает существенное снижение сил морозного пучения на сваю. При расчете оснований и фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения, по СНиП 2.02.04-88 (п. 4.41 - 4.42), для сваи СМОТ с покрытием из сложно-модифицированного



термоусаживаемого полимера «Reline», к значениям tfh применяется коэффициент 0,42.

Противопучинные железобетонные сваи поставляются с нанесенной противопучинной оболочкой ОСПТ «Reline» на ствол сваи в соответствии с ТУ 5817-007-75457705-2016. Оболочка ОСПТ «Reline» углублена в тело сваи при изготовлении и предохранена от разрушения при погружении (забивке).

Для защиты от разрушения, на верхний участок ствола сваи, подверженный воздействию агрессивных сред, может наноситься антикоррозионное покрытие. Противопучинная оболочка ОСПТ «Reline» является также антикоррозионным покрытием.

Мониторинг (проведение натурных испытаний) сваи - СМОТ

Натурные полевые испытания сваи СМОТ с применением новейших противопучинных технологий, результатом которых стало подтверждение уникальных качественных характеристик свай СМОТ, проводились на месторождении Медвежье (ЯНАО).

В качестве объекта строительства был выбран свайный фундамент осветительной мачты с молниеотводом (Рис. 1)

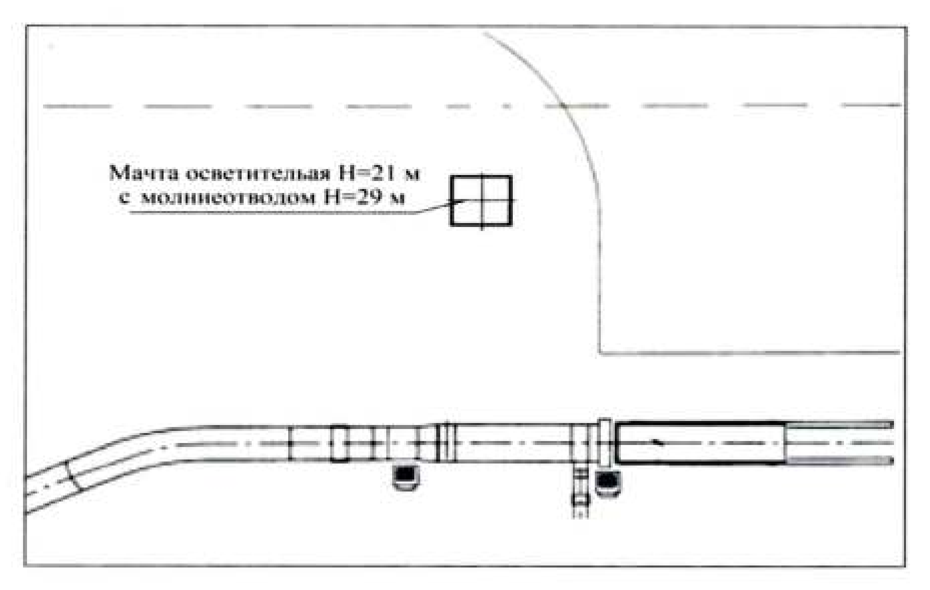


Рис. 1 Мачта осветительная на плане.

Фундамент мачты осветительной организован на 8-ми сваях диаметром 325 мм и длиной 17 м (Рис. 2)

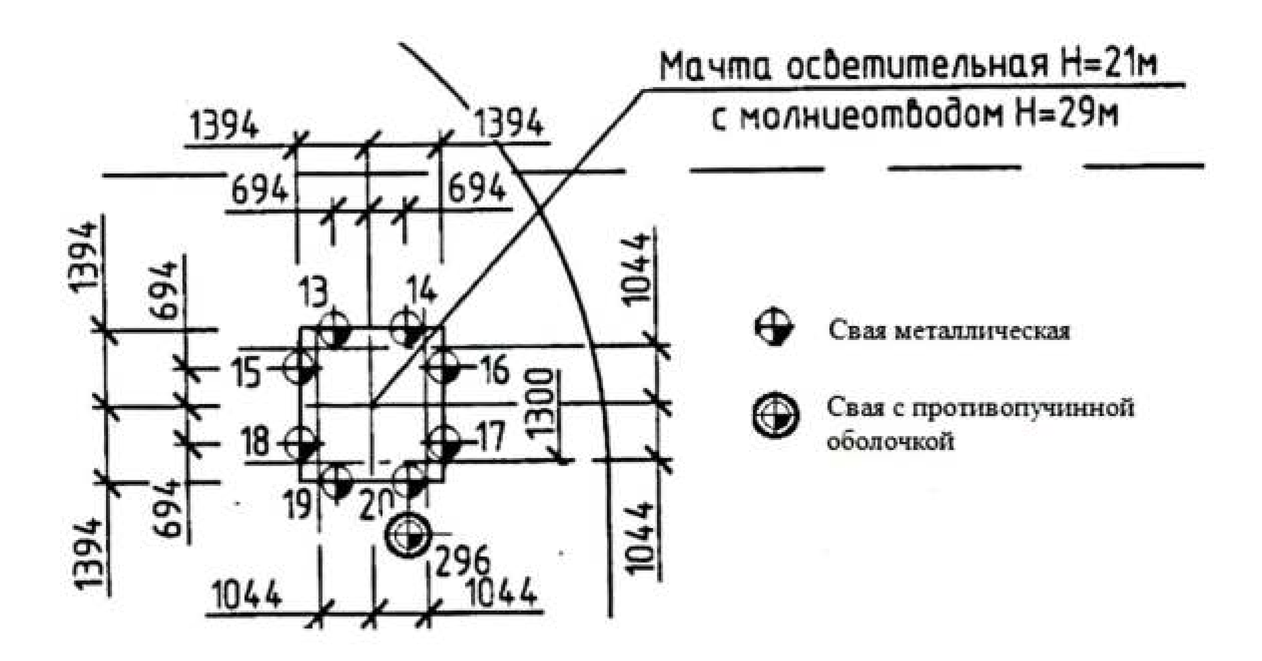


Рис. 2 Схема расположения свайного поля мачты осветительной с молниеотводом

Тип и конструктивные элементы ствола сваи показаны на Рис.3. Стволы сваи изготавливаются из трубы и листового проката непосредственно на объекте строительства.

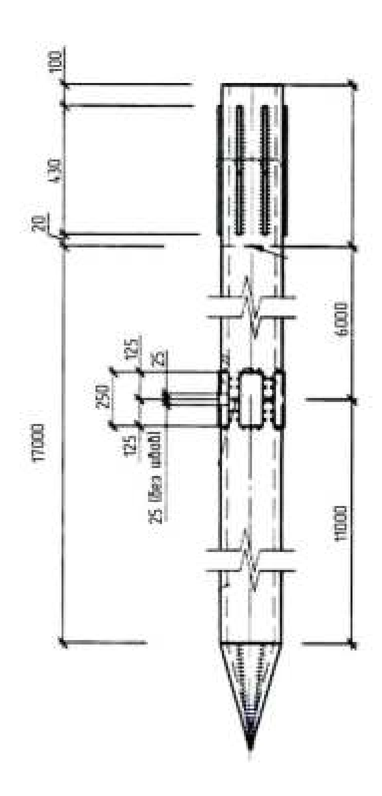


Рис. 3 Свая

По результатам прогнозного теплотехнического расчета для борьбы с морозным пучением необходима установка термостабилизаторов в количестве 12 шт., которые располагаются рядом со сваями Рис.4. Установка термостабилизаторов производится согласно ТУ 3642-006-01403119-11, буроопускным способом на глубину 14 м. На рисунке 5 показан вертикальный термостабилизатор.

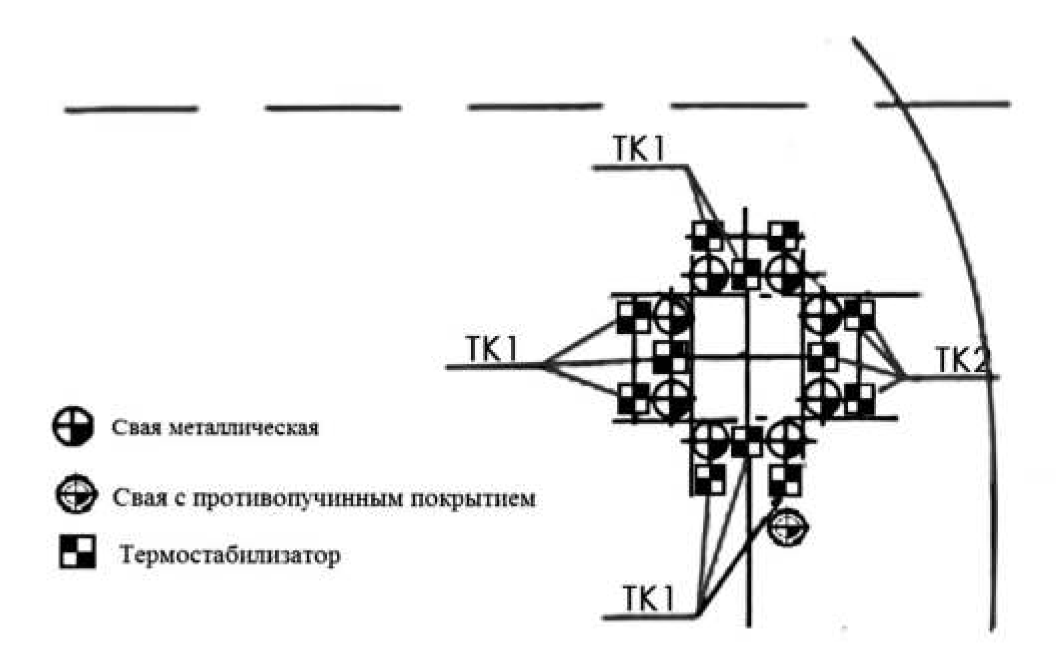


Рис. 4 Схема расположения термостабилизаторов у мачты осветительной с молниеотводом

Для ТК1

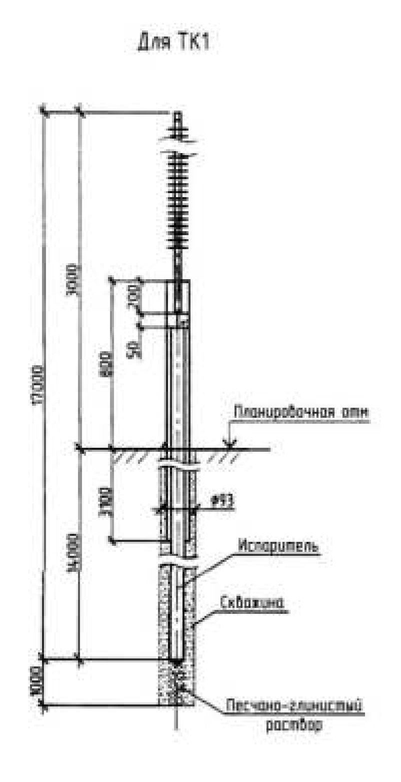


Рис. 5 Общий вид термостабилизатора





Рис. 6 Изготовление свай на заводе

На основании данных инженерно-геологических изысканий по скважине существующего проекта, были проведены следующие расчеты свай:

1. На вертикальную, сжимающую нагрузку.
2. На горизонтальную сдвигающую нагрузку.
3. На противодействие силам морозного пучения.

По результатам расчёта сваям соответствует свая СМОТ с диаметром 325 мм и толщиной стенки 8 мм, длиной 11 м, с оболочкой противопучинной ОСПТ длинной 3 м, установленной с учетом отметки оголовка сваи 0,4 м от уровня грунта. Применение свай СМОТ исключает установку термостабилизаторов рядом со сваями.



Сравнительный технический анализ классической технологии и технологии с применением свай СМОТ

№ п/п	Параметры сравнения	Классическая технология	Технология СМОТ
Стадия проектирования			
1	Объем проектирования	Необходимо проектировать, рассчитывать и прорисовывать: • монтажные оголовки; • равнопрочные соединения; • наконечники свай.	Проектировщик выбирает стандартные решения и указывает их в маркировке.
2	Проектирование противопучинных мероприятий.	Необходим комплекс противопучинных мер: • расчет удлинения свай; • термостабилизаторы; • дополнительное бурение под обсадные трубы; • отсыпки и теплоизоляция грунтов; • другие противопучинные мероприятия.	Противопучинное покрытие ОСПТ не требует дополнительных противопучинных мер.
3	Прохождение экспертизы.	Проверка всех проектных решений требует значительного времени.	Использование стандартизированной продукции упрощает порядок прохождения экспертизы.
4	Авторский надзор	Процедура авторского надзора требует проверки всего объема актов скрытых работ и зачастую не может в полном объеме удостоверить правильность исполнения проекта в части свайных оснований.	Все сваи имеют заводскую маркировку, проверка выполнения проектных решений значительно упрощается.



Стадия строительства			
5	Изготовление свай	Сваи изготавливаются на объекте строительства: • требуются высокооплачиваемые рабочие в условиях крайнего севера; • требуется оборудование и расходные материалы; • повышенный расход материалов (большое количество обрезков, ввиду отсутствия высокотехнологичных станков).	Сваи заводского изготовления.
6	Антикоррозийные покрытия	Невозможность выполнения всех требований по нанесению покрытий в полевых условиях.	Покрытие наносится в заводских условиях с выполнением всех требований.
7	Земляные работы и бурение	Объемы земляных работ и бурения производятся в соответствии с проектом.	Значительное сокращение объемов земляных работ и бурения ввиду того, что не требуется дополнительных противопучинных мероприятий и сваи СМОТ короче аналогичных классических.
8	Объем транспортных перевозок	Необходима транспортировка: • повышенного (с учетом обрезков) количества металла для изготовления свай; • необходима доставка на объект строительства оборудования и расходных материалов свай; • необходима доставка на объект строительства рабочих для изготовления свай.	На объект строительства доставляются только готовые сваи.



Сравнительный технический анализ технологий борьбы с пучением свай с применением термостабилизаторов и сваями СМОТ показал экономическую эффективность свай СМОТ при проведении проектных, строительномонтажных работ и дальнейшей эксплуатации сооружений.

Контактная информация:
109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6, корпус 1
Тел.: +7 (495) 602-00-70 доб. 1009
Факс: +7 (499) 171-22-50
e-mail: inf@cstroy.ru